

# Fabrikasi dan Karakterisasi *Directional Coupler* Konfigurasi 3×3 Susunan Segitiga Berbahan Serat Optik Plastik *Step Index Multimode* Tipe FD-620-10

Ning Rosianah dan Gontjang Praji

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: gontjang@physics.its.ac.id

**Abstrak**—Dalam penelitian ini telah dilakukan fabrikasi dan karakterisasi *directional coupler* konfigurasi 3×3 susunan segitiga berbahan serat optik plastik *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan panjang kupasan 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, 55 mm, dan 60 mm menggunakan pendekatan metode *Fused Biconical Tapered (FBT)*. Hasil karakterisasi *directional coupler* menggunakan BF5R-D1-N diperoleh bahwa panjang kupasan 45 mm dengan *input* pada *port* A1 menunjukkan nilai *coupling ratio* CR = 0,6; 0,2; 0,2 dan *excess loss* Le = -7,76 dB, pada *port* B1 menunjukkan nilai CR = 0,2; 0,6; 0,2 dan Le = -6,76 dB, pada *port* C1 menunjukkan nilai CR = 0,2; 0,19; 0,61 dan Le = -6,75 dB. *Directional coupler* ini paling baik digunakan sebagai piranti dalam sensor.

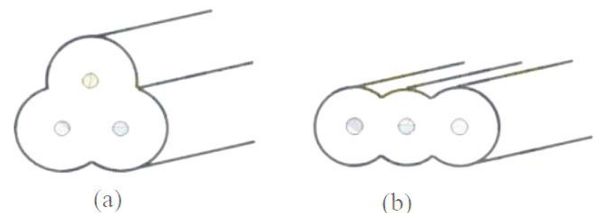
**Kata Kunci**—*Directional Coupler*, Fabrikasi, Karakterisasi, Segitiga.

## I. PENDAHULUAN

Serat optik merupakan media transmisi atau pandu gelombang cahaya berbentuk silinder yang dikembangkan di akhir tahun 1960-an dalam sistem komunikasi yang semakin lama membutuhkan bandwidth yang besar dengan laju transmisi yang tinggi [1]. Pada umumnya, serat optik terdiri dari tiga bagian yaitu inti (*core*), kulit (*cladding*), dan jaket (*coating*). Berdasarkan struktur dan sifat transmisinya, serat optik dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu serat optik moda tunggal (*singlemode*) dan serat optik moda jamak (*multimode*) [2]. Berdasarkan penalaran gelombang yang melalui inti, serat optik terbagi menjadi dua macam, yaitu serat optik *step index* dan serat optik *graded index*. Pada dasarnya cahaya disebarkan melalui *core* dengan cara pemantulan dalam total [3].

Dalam perkembangannya, serat optik tidak hanya berfungsi untuk mentransmisikan informasi tetapi juga berkembang menjadi piranti optik dengan fungsi yang lebih luas. Piranti optik tersebut dapat berbentuk *coupler* dengan berbagai macam variasinya. *Coupler* merupakan piranti optik pasif yang berfungsi sebagai penggabung dua atau lebih panjang gelombang atau sinyal menjadi dua atau lebih. *Directional coupler* termasuk *coupler* yang paling dikembangkan. Terdapat beberapa metode pembuatan *directional coupler* berbahan serat optik plastik, di antaranya metode *fused biconical tapered (FBT)*, yaitu dengan menggabungkan sejumlah serat optik pada panjang kopling tertentu sehingga menjadi *directional coupler* dengan N-port [4].

Penelitian mengenai *directional coupler* di Indonesia yaitu fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 3×3 serat optik plastik *step index multimode* tipe FD-620-10 susunan planar dengan metode *fused biconical tapered (FBT)*. Dihasilkan *directional coupler* dengan *coupling ratio* yang paling baik sebesar 0,345 pada panjang interaksi kopling 60 mm [5]. Pada proses fabrikasi *directional coupler* 3×3, terdapat dua tipe struktur yang sering digunakan, yaitu susunan segitiga dan planar [6].



Gambar 1. Dua Tipe Konfigurasi *Coupler* 3×3: (a) Segitiga dan (b) Planar [6]

Dalam penelitian ini, *directional coupler* konfigurasi 3×3 difabrikasi dengan susunan segitiga menggunakan serat optik plastik *step index multimode* tipe FD-620-10 dengan pendekatan metode *fused biconical tapered (FBT)* pada variasi panjang kupasan 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, 55 mm, dan 60 mm. kemudian dapat diketahui hasil karakterisasi *directional coupler* konfigurasi 3×3 susunan segitiga menggunakan BF5R-D1-N.

Parameter-parameter pokok *directional coupler* antara lain:

*Coupling ratio (CR)*, yaitu proporsi daya masukan pada masing-masing keluaran [7].

$$CR = \frac{P_{A2}}{(P_{A2} + P_{B2} + P_{C2})} \quad (1)$$

*Excess loss (Le)*, yaitu rugi daya total [7].

$$L_e = 10 \log \left( \frac{\sum P_i}{P_{A1}} \right) \text{ dB} = 10 \log \left( \frac{P_{A2} + P_{B2} + P_{C2}}{P_{A1}} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

## II. METODOLOGI

### A. Tahap Fabrikasi

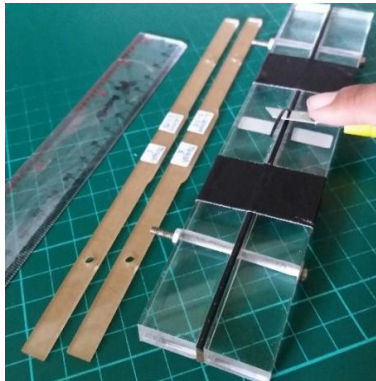
Prosedur fabrikasi *directional coupler* mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

#### 1) Pemotongan serat optik

Serat optik dipotong menggunakan alat pemotong sepanjang 20 cm sebanyak tiga buah. Untuk memudahkan identifikasi, ketiga serat optik diberi label A, B, dan C.

## 2) Pengupasan coating dan cladding

Dengan bantuan alat pengupas, serat optik yang akan dikupas ditempatkan di tengah-tengah bagian alat tersebut pada keadaan lurus dan sejajar, kemudian ditempelkan selotip pada kedua ujung agar tidak geser. Selanjutnya serat optik dikupas dengan panjang kupasan 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, 55 mm, dan 60 mm menggunakan *cutter*.



Gambar 2. Proses Pengupasan Coating

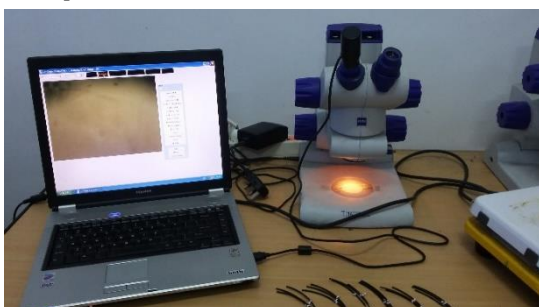
Selanjutnya, serat optik diletakkan pada alat pemoles. Seperti pada tahap sebelumnya, serat optik harus pada keadaan lurus dan sejajar. Kemudian dengan menggunakan ampelas, serat optik digosok searah. Ampelas yang digunakan yaitu dengan *mesh* 360, 1200, 1500, dan 2000. Selanjutnya setiap bagian yang dipoles dibersihkan menggunakan alkohol 70% dan dikeringkan.



Gambar 3. Proses Pemolesan

## 3) Uji kerataan

Serat optik yang telah dikupas dan dipoles diuji kerataannya untuk mengetahui hasil dari pengupasan dan pemolesan yang telah dilakukan. Uji kerataan dilakukan dengan cara melihat bagian kupasan serat optik pada setiap *port* dan seluruh variasi panjang kupasan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Stereo Microscope #3 – Carl Zeiss Stemi DV4*.



Gambar 4. Proses Uji Kerataan

Agar dapat diketahui bagian yang belum terkupas secara sempurna, maka dilakukan penyinaran pada serat optik menggunakan laser. Pada Gambar 5, bagian yang masih terlihat gelap menandakan bahwa sinar laser

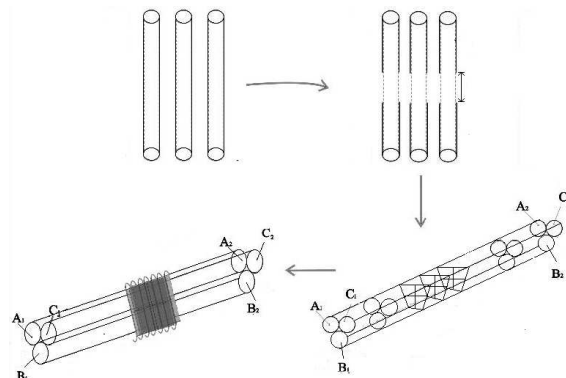
belum terhambur keluar. Oleh sebab itu, pada bagian tersebut dilakukan pemolesan ulang.



Gambar 5. Panjang Kupasan 45 mm Port A

## 4) Tahap Penggandengan

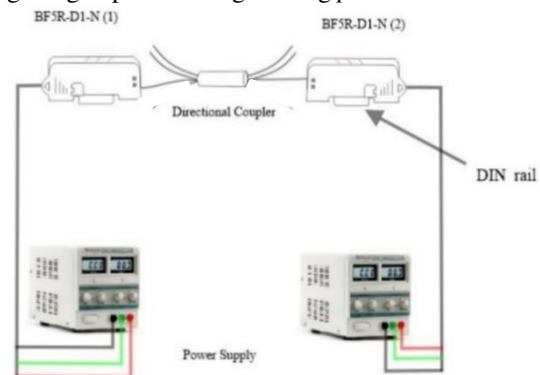
Penggandengan dilakukan dengan cara menggandeng ketiga serat optik pada bagian yang telah dikupas dengan cara diikat menggunakan benang jahit sesuai panjang kupasan. Tahap ini harus dilakukan dengan perlahan dan diusahakan ketiga bagian benar-benar *matching*.



Gambar 6. Tahap Penggandengan Directional Coupler

## B. Tahap Karakterisasi

Karakterisasi *directional coupler* hasil fabrikasi menggunakan BF5R-D1-N. Karakterisasi ini bertujuan untuk memperoleh nilai *coupling ratio* (CR) dan *excess loss* (Le). Sensor ini merupakan sensor khusus untuk menganalisis daya keluaran yang diterima oleh serat optik. Pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali pengulangan pada masing-masing *port*.



Gambar 7. Set Up Alat pada Proses Karakterisasi Directional Coupler

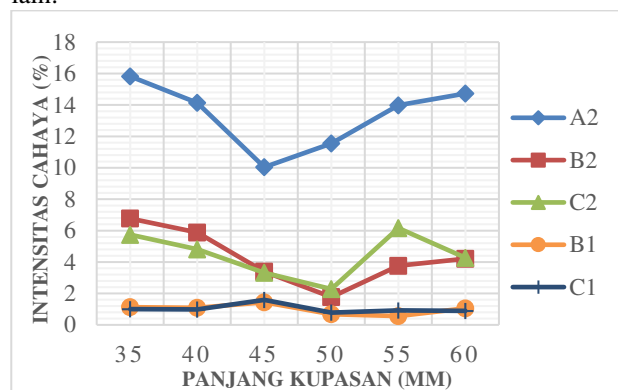
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, *directional coupler* difabrikasi sebanyak enam buah dengan susunan segitiga. Fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 3x3 menggunakan metode *fused biconical tapered* (FBT) dilakukan dengan mengupas tiga serat optik dengan panjang kupasan 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, 55 mm, dan 60 mm.



Gambar 8. Hasil Fabrikasi *Directional Coupler*

Pada proses fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 3x3 susunan segitiga, ketiga serat optik dikupas seluruh sisinya pada bagian *coating* hingga menyisakan bagian *core*. Walaupun ketiga serat optik dikupas seluruh bagian, namun intensitas cahaya yang melewatinya berbeda. Hal ini dikarenakan cahaya yang terpandu di dalam serat optik lebih dominan melewati sumbu serat optik daripada melewati tepinya. Selain itu, faktor ketebalan serat optik sangat berpengaruh pada *directional coupler*. Proses pemolesan yang tidak sama antara serat optik satu dengan lainnya mengakibatkan acuan untuk mendapatkan bagian *core* juga berbeda antara satu dengan lainnya. Pemantulan dalam total belum dapat terjadi secara sempurna, dikarenakan tidak ada pengganti bagian *cladding* pada daerah selain kopling yang digandeng. Sehingga intensitas cahaya yang melewati *port input* lebih tinggi daripada dua *port* lain.



Gambar 9. Grafik Pengaruh Panjang Kupasan Terhadap Persentase Intensitas Cahaya pada Tiap Output dengan Port A1 Sebagai Input

Pada Gambar 9, *port A2* memiliki intensitas yang jauh lebih tinggi daripada *port B2* dan *C2*. Hal ini dikarenakan susunan *directional coupler* yang berbentuk segitiga. Ketika diberikan *input* pada *port A1*, maka cahaya akan cenderung melewati sumbu serat optik *A2*. Sedangkan cahaya yang berpindah ke *port B2* dan *C2* memiliki intensitas dengan selisih yang jauh dari intensitas *port A2*. Hal ini dikarenakan adanya celah kosong atau *gap* yang berada di tengah kopling. Serat optik dikupas pada bagian *coating* dan *cladding* hingga tersisa bagian *core* saja. Bagian *core* yang terkupas ini digabung dengan *core* serat optik lainnya, sehingga *gap* atau celah antar *core* yang terbentuk besar pada bagian tengah *directional coupler*. Jika dilihat dari penjalaran cahaya, *directional coupler* susunan segitiga ini memiliki lebar lintasan perambatan cahaya yang sama. Misalnya pada *directional coupler* dengan panjang kupasan 45 mm dengan *port input* A1, maka moda orde tinggi dari *port input* A1 akan berpindah ke dua sisi *port output* yang lain, B2 dan C2 secara hampir sama. Sedangkan pada

*port output* A2 memiliki intensitas yang jauh lebih tinggi daripada *port B2* dan *C2*. Hal ini dikarenakan moda orde rendah tetap terpandu pada serat optik awal. Proses perpindahan daya gelombang optik ini sesuai dengan teori moda terkopel. Kebocoran gelombang juga bertambah besar seiring dengan bertambahnya panjang kupasan. Semakin besar panjang kupasan, maka nilai intensitas cahaya akan semakin kecil yang berarti bahwa rugi daya semakin bertambah besar.

Faktor lain yang menyebabkan rugi daya yang besar adalah daerah antar *core* yang berinteraksi langsung di dalam *directional coupler* lebih kecil daripada daerah yang berinteraksi langsung dengan benang jahit. Hal ini menyebabkan sebagian besar intensitas cahaya diserap oleh benang jahit atau terhambur keluar melewati celah-celah benang jahit. Selain itu, pemantulan dalam total yang terjadi di dalam *directional coupler* juga belum terjadi secara sempurna sehingga masih terdapat cahaya yang terhambur keluar. Hal ini terjadi pada saat pemasangan serat optik pada BF5R-D1-N kurang tepat pada saat dilakukan karakterisasi. Pemasangan serat optik pada BF5R-D1-N yang kurang tepat mengakibatkan sudut sinar datang kurang dari sudut kritis yang menyebabkan cahaya tidak hanya dipantulkan, melainkan juga dibiaskan keluar dari *directional coupler*.

Hasil fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 3x3 susunan segitiga memiliki *loss* atau rugi daya yang besar, hal ini dikarenakan bagian *core* juga terkupas sehingga *core* tidak lagi berbentuk silinder utuh, melainkan silinder pipih. Proses ini yang menyebabkan rugi daya serat optik cukup besar. Perbedaan nilai intensitas cahaya dapat menyebabkan parameter-parameter *directional coupler* seperti *CR* (*coupling ratio*) dan *Le* (*excess loss*) juga berbeda. Perbedaan nilai-nilai tersebut salah satunya disebabkan oleh ketidaksimetrian sepanjang daerah kupasan dan daerah ujung pengupasan antara ketiga serat optik pada saat proses pengupasan dan penggandengan. Ketidaksimetrian terjadi akibat struktur permukaan serat optik hasil pengupasan yang tidak rata dan ketebalan kupasan yang berbeda serta panjang kupasan yang tidak sama (dalam orde mikro) untuk tiap serat optik yang digandeng. Hal ini dikarenakan daerah kerja pada serat optik dalam orde nano (panjang gelombang), sedangkan fabrikasi yang dilakukan secara konvensional dengan pengukuran menggunakan orde mili.

TABEL 1. KARAKTERISTIK *DIRECTIONAL COUPLER* DENGAN PANJANG KUPASAN 45 MM

Input	CR	Le (dB)
A1	0,60	-7,76
	0,20	
	0,20	
B1	0,20	-6,76
	0,60	
	0,20	
C1	0,20	-6,75
	0,19	
	0,61	

Nilai *coupling ratio* (CR) *directional coupler* yang ditampilkan pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa nilai intensitas cahaya pada *directional coupler* terbagi rata di dua *port* keluaran serat optik yang lain pada panjang kupasan 45 mm. Karakteristik *directional coupler* panjang kupasan 45 mm dengan *input* pada *port A1*

menunjukkan nilai *coupling ratio* CR = 0,6; 0,2; 0,2 dan *excess loss* Le = -7,76 dB, pada *port* B1 menunjukkan nilai CR = 0,2; 0,6; 0,2 dan Le = -6,76 dB, pada *port* C1 menunjukkan nilai CR = 0,2; 0,19; 0,61 dan Le = -6,75 dB. Dari hasil karakterisasi menggunakan BF5R-D1-N, dapat disimpulkan bahwa *directional coupler* konfigurasi 3×3 susunan segitiga pada panjang kupasan 45 mm paling baik digunakan sebagai piranti dalam sensor.

#### IV. KESIMPULAN

Dari fabrikasi *directional coupler* konfigurasi 3×3 susunan segitiga dengan pendekatan metode *fused biconical tapered (FBT)* dan hasil karakterisasi menggunakan BF5R-D1-N yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa panjang kupasan 45 mm dengan *input* pada *port* A1 memiliki nilai *coupling ratio* CR = 0,60; 0,20; 0,20 dan *excess loss* Le = -7,76 dB, pada *port* B1 memiliki nilai CR = 0,20; 0,60; 0,20 dan Le = -6,76 dB, dan pada *port* C1 memiliki nilai CR = 0,20; 0,19; 0,61 dan Le = -6,75 dB. *Directional coupler* ini paling baik digunakan sebagai piranti dalam sensor.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidikmisi tahun 2012-2017.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samian, dkk. 2008. "Fabrikasi *Directional Coupler* Serat Optik *Multimode*". Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol. 4 No. 2 Surabaya.
- [2] Keiser, Gerd. 1991. *Optical Fiber Communications 2<sup>nd</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill.
- [3] Leno dan Frank. 1993. *Introduction to Optics 2<sup>nd</sup> Edition*. United States America: Prentice-Hall.
- [4] Sekartedjo, dkk. 2007. *Study of Switching Characteristics in Directional Coupler*. International Symposium of Modern Optics and Its Applications (ISMOA), Department of Physics ITB August 6-10 2007, Bandung.
- [5] Yaqin, Mohammad Ainul. 2015. "Fabrikasi dan Karakterisasi *Directional Coupler* Konfigurasi 3×3 Planar Berbahan Serat Optik Plastik *Step-Index* Moda Jamak Tipe FD-620-10". Jurnal Sains dan Seni POMITS, Vol. 1 No. 2 Surabaya.
- [6] Fang, Zujie, et. all. 2012. *Fundamentals of Optical Fiber Sensors*. New York: John Wiley & Sons.
- [7] Crisp, J. 2001. *Introduction to Fiber Optics 2<sup>nd</sup> Edition*. Oxford: Jordan Hill.